



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS DE CERRO LARGO  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ADRIANE WEYH**

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DETERMINAÇÃO DE INDICADORES DE  
QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUMURUPARÁ,  
CAMPINA DAS MISSÕES/RS**

**CERRO LARGO**

**2016**

**ADRIANE WEYH**

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DETERMINAÇÃO DE INDICADORES DE  
QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUMURUPARÁ,  
CAMPINA DAS MISSÕES/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal da Fronteira Sul como  
requisito para obtenção do título de  
Engenheiro Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Diego Ricieri Manenti

**Coorientador:** Msc. Mateus Gustavo Sausen

**CERRO LARGO**

**2016**

**ADRIANE WEYH**

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DETERMINAÇÃO DE INDICADORES  
DE QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUMURUPARÁ,  
CAMPINA DAS MISSÕES/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal da Fronteira Sul como requisito para obtenção do título de Engenheiro  
Ambiental.

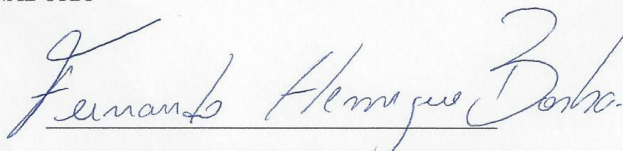
Orientador: Prof. Dr. Diego Ricieri Manenti

Coorientador: Msc. Mateus Gustavo Sausen

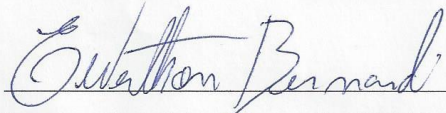
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

13/12/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fernando Henrique Borba - UFFS/Cerro Largo-RS



Prof. Msc. Ewerthon Cezar Schiavo Bernardi - UFFS/Cerro Largo-RS

**DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação**

Weyh, Adriane

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DETERMINAÇÃO DE  
INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO TUMURUPARÁ, CAMPINA DAS MISSÕES/RS/ Adriane Weyh.  
-- 2016.

43 f.:il.

Orientador: DIEGO RICIERI MANENTI.

Co-orientador: MATEUS GUSTAVO SAUSEN.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, Cerro Largo, RS,  
2016.

1. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA . 2. CORPOS HÍDRICOS.  
3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA. I. MANENTI, DIEGO  
RICIERI, orient. II. SAUSEN, MATEUS GUSTAVO, co-orient.  
III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dedico este trabalho aos meus pais e minha  
irmã por tudo que fizeram ao longo da minha  
vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela vida e por ter me dado força para enfrentar as dificuldades.

Aos meus pais Beno e Tereza e minha irmã Anapaula pelo apoio e confiança demonstrada ao longo dessa caminhada profissional e pessoal.

Ao meu namorado pelo carinho, atenção e compreensão pelo tempo que estive ausente.

A todos os professores em especial Mario e Daniel pela auxílio e atenção. Agradeço também aos meus orientadores Diego, Fenando e Mateus pela orientação, amizade e considerações neste trabalho.

Aos meus colegas e amigos pela amizade ao longo do curso. A equipe do laboratório da UFFS e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) pelo auxílio.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Atualmente, o cenário de degradação dos corpos hídricos vem comprometendo a qualidade da água que é utilizada para usos múltiplos como abastecimento público, lazer e agricultura. Como principal causa, destaca-se a falta de saneamento básico e o desenvolvimento de atividades antrópicas sem um planejamento adequado. Neste contexto, para avaliar e informar a população da qualidade da água, bem como relacionar as principais fontes de poluição que estão alterando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, são utilizados os índices de qualidade da água. Assim, este trabalho teve por objetivo realizar a caracterização fisiográfica da bacia e determinar o Índice de Qualidade das Águas (IQA), o Índice de Estado Trófico (IET) e o Índice de Balneabilidade (IB) do Rio Tumurupará, localizado no município de Campina das Missões/RS. Além disso, o mesmo busca analisar os parâmetros químicos em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005. As coletas foram realizadas em quatro pontos estratégicos do rio nos meses de agosto e setembro de 2016. Para a determinação do IB foi utilizado o número de coliformes termotolerantes como parâmetro biológico num período amostral de cinco semanas, os demais índices e parâmetros foram determinados através de uma única coleta. A metodologia utilizada na caracterização fisiográfica da bacia foi o *software* QGIS, para o cálculo do IQA, incorporou-se os parâmetros potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), temperatura, sólidos totais, coliformes termotolerantes, turbidez, nitrogênio e fósforo total. Para a análise do IET, utilizou-se o parâmetro fósforo total. Os resultados para caracterização fisiográfica indicam uma bacia alongada e não suscetível a enchente, com coeficiente de compacidade (Kc) igual a 1,36 e coeficiente de forma (Kf) igual a 0,36. Apresenta também densidade de drenagem (Dd) regular, com 1,43 km/km<sup>2</sup>, e baixa sinuosidade, com ramificação na ordem 4. De acordo com o IQA o rio foi classificado nas faixas razoável e ruim, o IET enquadrou-se no nível mesotrófico em todo o trecho analisado, não apresentando implicações aceitáveis à qualidade da água, e segundo o IB, o rio foi considerado impróprio para contato primário em todas as amostras. Quanto aos elementos químicos, dentro dos que apresentaram inconformidade com legislação destaca-se o alumínio, o ferro, o cloro e o cobre. Os resultados dos índices de qualidade da água comprometem a qualidade da água que é utilizada para abastecimento público e recreação de contato primário pela população do município de Campina das Missões/RS. Sendo assim, recomenda-se que sejam tomadas medidas pelo poder público a fim de melhorar a qualidade do corpo hídrico.

Palavras-chave: Índices de qualidade da água. Corpos hídricos. Caracterização fisiográfica

## ABSTRACT

Currently, the scenario of water bodies degradation has been compromising the water quality that is used for multiple uses, such as public supply, recreation and agriculture. The main cause is the lack of basic sanitation and the development of anthropic activities without adequate planning. In this context, water quality indexes are used to assess and inform the population of water quality, as well as to relate the main sources of pollution that are changing the physical, chemical and microbiological parameters. Thus, the objective of this work is to perform the physiographic characterization and determine the Water Quality Index (WQI), the Trophic State Index (TSI) and the Balneability Index (BI) of Tumurupará River, located in Campina das Missões / RS. In addition, it seeks to analyze the chemical parameters in accordance with CONAMA Resolution 357/2005. The collections were taken in four strategic points of the river, from august to September in 2016. In order to determine BI, it was used thermotolerant coliforms as biological parameter in a sample period of five weeks, the other indexes and parameters were determined through a single collection. The methodology used in the physiographic characterization of the basin was the QGIS software, for calculating WQI uses pH, biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO), temperature, total solids, thermotolerant coliforms, turbidity, nitrogen and total phosphorus. The total phosphorus was used for the TSI analysis. The results for physiographic characterization indicate an elongated basin and not susceptible to flood, with Kc 1.36 and Kf equal to 0.36. It also presents regular drainage density (Dd) with 1.43 km / km<sup>2</sup> and low sinuosity with branching in order 4. The IQA classified the river as reasonable and poor, the TSI was classifies at the mesotrophic level throughout the analyzed section, with no implications for water quality, and according to IB, the river was considered inappropriate for primary contact in all samples. As for the chemical elements, the ones that presented nonconformity with legislation stand out the aluminum, the iron, the chlorine and the copper. These results compromise the water quality that is used for public supply and recreation of primary contact by the population of Campina das Missões / RS. Therefore, it is recommended that measures be taken by the government in order to improve the quality of the water body.

**Keywords:** Water quality indexes. Water bodies. Physiographic characterization.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo.....	13
Figura 2 – Localização dos pontos de coleta do estudo.....	15
Figura 3 – Classificação do IQA para os pontos amostrais do Rio Tumurupará.....	25
Figura 4 – Análise individual do parâmetro OD com a Resolução CONAMA 357/2005.....	26
Figura 5 – Análise individual do parâmetro DBO com a Resolução CONAMA 357/2005....	27
Figura 6 – Análise individual do parâmetro Coliformes Termotolerantes (CT) com a Resolução CONAMA 357/2005.....	28
Figura 7 – Análise individual do parâmetro Nitrogênio Total (NT) com a Resolução CONAMA 357/2005.....	28
Figura 8 – Análise individual do parâmetro turbidez com a Resolução CONAMA 357/2005.....	29
Figura 9 – Análise individual do parâmetro Sólidos Totais (ST) com a Resolução CONAMA 357/2005.....	30
Figura 10 – Comparação dos valores de Fósforo Total (FT) com a Resolução CONAMA 357/2005.....	31
Figura 11 – Variação dos Coliformes Termotolerantes (CT) durante o período amostral.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Águas consideradas próprias para contato primário.....	7
Tabela 2 – Parâmetros, métodos e referências utilizadas para cada técnica.....	17
Tabela 3 – Parâmetros envolvidos no cálculo do IQA e seus respectivos pesos.....	20
Tabela 4 – Classificação do IQA em diferentes estados brasileiros.....	21
Tabela 5 – Classe de estado trófico para o fósforo.....	21
Tabela 6 – Águas consideradas próprias para contato primário considerando o limite de coliformes termotolerantes.....	22
Tabela 7 – Resultado dos parâmetros fisiográficos da bacia.....	23
Tabela 8 – Valores dos parâmetros obtidos nos pontos amostrais do Rio Tumurupará.....	24
Tabela 9 – Resultado dos coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) em todos os pontos amostrais.....	31
Tabela 10 – Comparação de parâmetros químicos com o limite estabelecido pela CONAMA 357/2005.....	33

## LISTA DE SIGLAS

PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
RS	Rio Grande do Sul
SIG	Sistema de Informação Geográfica
IQA	Índice de Qualidade da Água
IET	Índice do Estado Trófico
IB	Índice de Balneabilidade
NMP/100 mL	Número mais provável por 100 mL
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IAP	Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público
ICT	Índice de Contaminação Tóxica
IVA	Índice de Preservação da Vida Aquática
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
ANA	Agência Nacional de Águas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ETA	Estação de tratamento de água
ETE	Estação de tratamento de esgoto
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
TXRF	Análise Elementar por Fluorescência de raio-X por reflexão total
OCC	Oxidação Catalítica por Combustão 680 ° C
Kc	Coefficiente de compacidade
Kf	Fator de forma
Sin	Sinuosidade
Dd	Densidade de drenagem
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido
NT	Nitrogênio Total
FT	Fósforo Total
ST	Sólidos Totais
CT	Coliformes termotolerantes

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
3.1	BACIA HIDROGRÁFICA .....	4
3.1.1	<b>Caracterização fisiográfica da bacia .....</b>	<b>5</b>
3.2	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	5
3.2.1	<b>Índice de qualidade das águas (IQA) .....</b>	<b>6</b>
3.2.2	<b>Índice de balneabilidade (IB) .....</b>	<b>6</b>
3.2.3	<b>Índice de estado trófico (IET) .....</b>	<b>8</b>
3.3	USO MÚLTIPLO DA ÁGUA .....	8
3.4	ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO .....	9
3.5	IMPACTO ANTRÓPICOS EM CORPOS HÍDRICOS.....	10
3.6	LEGISLAÇÃO.....	11
3.7	POLUENTES EMERGENTES.....	11
<b>4</b>	<b>MATERIAS E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
4.2	REAGENTES E SOLVENTES UTILIZADOS .....	14
4.3	COLETA E PRESERVAÇÃO DA AMOSTRA .....	14
4.4	DETERMINAÇÃO ANÁLITICA .....	16
4.4.1	<b>Análises multielementares (TXRF) .....</b>	<b>17</b>
4.4.2	<b>Oxidação Catalítica por Combustão (CCO).....</b>	<b>18</b>
4.5	CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA .....	18
4.6	DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE.....	19
4.6.1	<b>Índice de qualidade das águas (IQA) .....</b>	<b>20</b>
4.6.2	<b>Índice de estado trófico (IET) .....</b>	<b>21</b>
4.6.3	<b>Índice de balneabilidade (IB) .....</b>	<b>22</b>
4.7	ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE COM A LEGISLAÇÃO.....	22
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA .....	23
5.2	ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA) .....	24
5.2.1	<b>Análise Individual dos Parâmetros do IQA com a Resolução CONAMA 357/2005 .....</b>	<b>26</b>
5.3	ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET).....	30
5.4	ÍNDICE DE BALNEABILIDADE (IB).....	31
5.5	ANÁLISE DE PARÂMETROS COM A CONAMA 357/2005.....	33
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população de forma desordenada, acompanhado do desenvolvimento econômico, obriga a sociedade a explorar os recursos naturais sem avaliar as consequências ambientais em relação à quantidade e qualidade dos mesmos. Consequentemente, o cenário de poluição dos recursos hídricos e o uso não planejado da água resultam na diminuição de sua qualidade, comprometendo muitos de seus usos.

Essa qualidade é comprometida devido a alguns fatores como a falta de planejamento urbano e de saneamento básico, a disposição inadequada de resíduos sólidos, a insuficiente fiscalização ambiental, a crescente geração de resíduos e o manejo inadequado de práticas agrícolas (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Em função do quadro de degradação dos sistemas aquáticos, surgiu a necessidade de se criar medidas para assegurar a proteção e o uso sustentável da água. Neste sentido, em 1997 foi sancionada a Lei das Águas nº 9.433 que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Um dos objetivos desta lei é assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados, bem como promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Para que isso seja possível, torna-se necessário um acompanhamento das alterações da qualidade de água do rio ou da bacia (WEINBERG, 2013). Dessa forma, o uso de índices de qualidade permite sintetizar informação de vários parâmetros físico-químicos e biológicos que indicam a qualidade dos corpos d'água. Os principais índices de qualidade da água utilizados pelas Unidades da Federação são: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP), Índice de Estado Trófico (IET), Índice de Balneabilidade (IB), Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA) e Índice de Contaminação Tóxica (ICT) (ANA, 2016).

A determinação de um índice de qualidade tem como objetivo comunicar a qualidade de um determinado corpo hídrico aos atores institucionais de uma bacia hidrográfica. Esses atores podem ser a população, as prefeituras, os órgãos de controle ambiental, os comitês das bacias hidrográficas, ou ainda as organizações não governamentais (SILVA; JARDIM, 2006).

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para análise de bacias hidrográficas, com ênfase nos parâmetros fisiográficos, vem sendo amplamente abordada a fim de complementar os estudos referentes ao panorama atual dos recursos hídricos

(OLIVEIRA; ANTÔNIO, 2015). Por meio desses parâmetros é possível relacionar à suscetibilidade e potencialidade a erosão e a inundação (DEODORO; FONSECA, 2014).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização fisiográfica da bacia e determinar os índices de qualidade IQA, IET e IB, para a água do Rio Tumurupará no município de Campina das Missões/RS, analisando seus parâmetros de qualidade. Para tal, foi preciso analisar as características físicas da bacia e parâmetros de qualidade da água. Com isso, a pesquisa busca apresentar à população do município a qualidade do rio que é utilizado para abastecimento público por parte da população da cidade e, além disso, fornecer um estudo da situação atual e contribuir para o planejamento e gestão das águas do Rio Tumurupará e da Bacia.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar a caracterização fisiográfica da bacia e determinar os índices de qualidade da água, no Rio Tumurupará, município de Campina das Missões/RS.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar características fisiográficas da bacia, como: coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), sinuosidade (sin), densidade de drenagem (Dd) e ordem da bacia.
- Calcular o Índice de Qualidade das Águas (IQA).
- Determinar o Índice do Estado Trófico (IET).
- Calcular o Índice de Balneabilidade (IB).
- Analisar os parâmetros químicos de qualidade de água em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados temas relevantes para o desenvolvimento da pesquisa, como: bacia hidrográfica, caracterização fisiográfica, índices de qualidade, IQA, IB, IET, uso múltiplo da água, água para abastecimento humano, impactos antrópicos em corpos hídricos, legislação e poluentes emergentes.

#### 3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

A definição de bacia hidrográfica, segundo Lozinski et al. (2010), consiste em uma área limitada pelos seus divisores topográficos e que possui uma rede fluvial de drenagem, composta pelas nascentes, um rio principal e seus afluentes. Ela compreende um sistema complexo que sofre influência de fatores internos e externos. Estes fatores podem comprometer todas as relações de equilíbrio, gerando a sua degradação (CARVALHO et al., 2009). Logo, a bacia hidrográfica passa a ser considerada como uma unidade de planejamento.

Essas definições e conhecimentos sobre bacia hidrográfica são importantes para que haja um manejo adequado na renovação e conservação da bacia. Através dessas informações é possível prever cenários de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica.

A ocupação desordenada da bacia hidrográfica também compromete a qualidade e a quantidade das águas dos rios. Outros fatores que estão relacionados são o crescimento demográfico, o desenvolvimento social e o desenvolvimento econômico. Essa situação demanda de um aumento no consumo de água que conseqüentemente provoca alterações físicas, químicas e biológicas nos ecossistemas aquáticos (SOUZA et al., 2014).

Para melhorar a utilização dos recursos hídricos foi criada a Lei das Águas nº 9.433, de 1997, que contempla a importância da bacia hidrográfica, institui o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH) como ferramentas que contribuem para uma unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Considerando que a dinâmica de abastecimento, o uso e o manejo da água são fatores importantes em uma bacia hidrográfica (GONÇALVES, 2009), faz-se necessário um planejamento adequado desta a partir de uma visão sistêmica, buscando compreender e considerar as relações de arranjo espacial e temporal da água como recurso indispensável no funcionamento da biosfera ou esfera geográfica, visto que é neste local que ocorrem as



interações entre a distribuição da água, o clima, a geologia e o relevo (RODRIGUEZ et al., 2011). Desse modo, o índice de qualidade das águas colabora na construção de um sistema de suporte à tomada de decisão em uma bacia hidrográfica (SILVA; JARDIM, 2006).

### **3.1.1 Caracterização fisiográfica da bacia**

As bacias hidrográficas têm sofrido alterações na estrutura física dos canais, no aporte de sedimentos, no regime hidráulico e no fluxo de matéria, estas ações são de origem antrópicas (VANACKER et al., 2005) e como consequência desses impactos podemos citar a ocorrência de inundações e desmoronamentos, principalmente em centros urbanos (BERNARDI et al., 2013). Neste contexto, o estudo da caracterização fisiográfica de uma bacia pode servir como estratégia de melhorar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

A caracterização de uma bacia hidrográfica consiste na determinação dos parâmetros físicos e hidrológicos da bacia. A obtenção desses parâmetros permite determinar o grau de vulnerabilidade da bacia a fenômenos como enchentes e erodibilidade, além de contribuir para o planejamento adequado da infraestrutura, pois através dessas informações sabe-se qual a dinâmica hídrica, a intensidade de escoamento da água e as dimensões da área de estudo (ARAI et al., 2012).

A utilização de parâmetros fisiográficos vem sendo abordada por vários autores em seus trabalhos, no estudo de bacia hidrográfica (RIBEIRO et al., 2015; LORENZON et al., 2015).

## **3.2 ÍNDICES DE QUALIDADE**

Os índices de qualidade surgiram para informar à população sobre qualidade da água e nortear as ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Para a determinação destes, são utilizados indicadores físico-químicos e biológicos de qualidade da água (ANA, 2016).

Os índices utilizados pela Unidade de Federação são: IQA, IET, IB, IAP, ICT e IVA (ANA, 2016). Através das variáveis que incorporam os índices é possível relacionar as alterações ocorridas na microbacia por pressões antrópicas ou fatores naturais (DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005).

### **3.2.1 Índice de qualidade das águas (IQA)**

O IQA foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela Fundação Nacional de Saneamento do país. Em 1975, a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) adaptou e desenvolveu este índice em nove parâmetros com o propósito de avaliar a qualidade da água bruta, visando o seu uso para abastecimento público após tratamento. Uma das principais vantagens desse indicador é a facilidade de comunicação com o público leigo (CETESB, 2016).

A determinação do IQA possibilita classificar a água como ótima, boa, razoável, ruim ou péssima. Essa classificação reflete principalmente na qualidade dos corpos hídricos que são contaminados principalmente pelo lançamento de efluentes domésticos. Os parâmetros analisados para a metodologia de cálculo do IQA são: oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>) fósforo total, temperatura da água, turbidez, resíduo total e nitrogênio (CETESB, 2016).

Este índice de qualidade vem sendo utilizado em vários países para avaliar a qualidade das águas do rio, pois possibilita transformar vários parâmetros em um único número e com esse resultado numérico classificar a qualidade da água (SETTA et al., 2014). Assim, a análise da qualidade da água torna-se útil em diversos pontos do rio, pois permite, através de informações, acompanhar a deterioração dos rios ao longo da bacia hidrográfica (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Além disso, contribui na comparação da qualidade com outros corpos d'água de diferentes estados e até mesmo de outros países.

Neste contexto, os autores verificaram que a água do Ribeirão sofre alterações na sua qualidade a partir da entrada. Essa má qualidade é decorrente da poluição por esgoto doméstico e efluente de indústrias, para determinar a qualidade da água foi utilizado o IQA (CARVALHO; FERREIRA; STAPELFELDT, 2004). Leitão et al. (2015), em seu trabalho, também destacou que através da determinação do IQA é possível relacionar os principais poluentes que alteram a qualidade da água que estão associados às atividades agropecuárias.

### **3.2.2 Índice de balneabilidade (IB)**

Os corpos hídricos são fontes de veiculação de doenças, como as gastroenterites, que são decorrentes da poluição ou contaminação por águas residuárias. Por isso, avaliar a qualidade da água antes de entrar em contato direto com ela é importante para não expor os banhistas a doenças. Dessa forma, o IB pode servir como uma ferramenta de apoio para

repensar na qualidade da água para recreação como uma importante política de saneamento (FRANCENER et al., 2011).

A determinação do índice de balneabilidade possibilita avaliar a qualidade dos corpos d'água para recreação de contato primário e secundário. Com a resolução do CONAMA 357/2005, que classifica os corpos d'água de acordo com a qualidade da água e o uso preponderante, é possível verificar que somente são destinadas à recreação de contato primário as águas de classe I e II. Entende-se como contato primário o contato direto com água e como exemplos dessas atividades podemos citar a natação, o esqui aquático e o mergulho. Já o contato secundário refere-se a pouca possibilidade de ingestão de água, onde estão associadas as atividades de pesca e navegação (BRASIL, 2005).

A legislação que estabelece critérios e limites para balneabilidade é a Resolução CONAMA 274/2000, a qual avalia as condições de balneabilidade em próprias ou impróprias. Ela cita também que para as águas doces, salinas e salobras destinadas a recreação de contato primário é necessário avaliar os teores de coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli*. A Tabela 1 apresenta os limites estabelecidos para água própria para recreação de contato primário. Acima desses valores a água é considerada imprópria (BRASIL, 2000).

Tabela 1 – Águas consideradas próprias para contato primário.

<b>Limite para coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)</b>	<b>Limite para <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)</b>	<b>Categoria</b>
250	200	Excelente
500	400	Muito boa
1000	800	Satisfatória

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mL em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores.

Fonte: Brasil, 2000.

Os indicadores microbiológicos analisados são coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Enterococos*. A presença destes grupos é um problema que influencia na deterioração da qualidade da água e consequentemente no índice de balneabilidade (BERG; GUERCIO; ULBRICHT, 2013), sendo que uma das principais fontes é o esgoto doméstico (LOPES, 2007).

Alguns estudos (MEDEIROS et al., 2016; ANDRETTA et al., 2008) demonstram uma preocupação em determinar IB nas águas doce. Os parâmetros microbiológicos coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* foram analisados e a presença destes apresenta ocorrência

de contaminação de origem fecal, expondo em risco à saúde humana em caso de contato primário.

### **3.2.3 Índice de estado trófico (IET)**

O processo de eutrofização ocorre pelo aumento de concentração dos nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes são determinantes para a degradação da qualidade da água (ESTEVES, 1988).

Os fertilizantes utilizados na agricultura, bem como a carga de esgoto doméstico e industrial, são contribuintes na descarga de nutrientes em grande quantidade aos rios (CAVENAGHI, 2003). A consequência do excesso de nutrientes está associada à mudança nas características tróficas dos corpos hídricos (BARBOSA, 2006).

A eutrofização dos corpos hídricos implica na alteração no sabor, odor, turbidez e na cor da água. Ocorre também a redução do oxigênio dissolvido, provocando um crescimento das plantas aquáticas, mortandade dos peixes, e comprometendo as condições para contato primário (SMITH; SCHINDLER, 2009). Outro efeito indesejável desse processo é a contaminação da água destinada ao abastecimento público (ANA, 2016).

Neste contexto, o IET tem como finalidade classificar os rios, lagos e reservatórios em diferentes graus de trofia. Esse índice pode ser calculado a partir dos valores de fósforo e clorofila, sendo o fósforo o principal agente do processo de eutrofização.

Alves et al. (2012) avaliaram a qualidade da água através dos índice IQA e IET na bacia hidrográfica do Rio Arari-Ilha de Marajó, Pará. Os resultados para o estado trófico classificaram a bacia como supereutrófico (período chuvoso) e hipereutrófico (período seco). Essa situação é decorrente do excesso de nutrientes e elevada biomassa fitoplânctônica. Outro trabalho determinou o estado trófico do rio como ultraoligotrófico, não excedendo o limite 47, o que evidenciou um baixo risco de contaminação (ANDRIETTI et al., 2016).

## **3.3 USO MÚLTIPLO DA ÁGUA**

Atualmente, a água compõe uma das preocupações mundiais quando se refere ao uso preponderante em relação à quantidade e qualidade requerida. Os ambientes aquáticos são utilizados com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água, a geração de energia, a irrigação e a navegação (SÁ et al., 2005).

Para preservação dos recursos hídricos em relação à qualidade e disponibilidade, deve

se estabelecer critérios de uso adequado em todas as atividades produtivas. Nesse caso, considera-se fundamental um planejamento para compatibilizar os vários usos da água que viabilizem diferentes setores produtivos (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

No Brasil, assim como em outros países, a maior demanda de água é destinada ao setor agrícola (BRAGA et al., 2008). Entretanto, de acordo com a Lei das Águas nº 9.433, o uso prioritário em caso de escassez dos recursos hídricos é para o consumo humano e para a dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

Diante desta realidade, na qual a água apresenta-se com qualidade e quantidade comprometidas, surgem os conflitos, que muitas vezes são gerados pela própria influência econômica (NASCIMENTO; HELLER, 2005). Por esse motivo faz-se necessário que o setor empresarial adote uma política de proteção aos recursos hídricos associada ao crescimento econômico (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012).

Assim, devido aos múltiplos usuários da água e os conflitos de uso desta, são necessários complexos sistemas gerenciais de regulação e uma base legal adequada para servir como suporte de planejamento (NASCIMENTO; HELLER, 2005).

### 3.4 ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO

A água com padrões de qualidade adequados é um aspecto indispensável para fins como o abastecimento humano. Este uso tem sofrido restrições em função de prejuízos nos rios decorrentes das ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade de água disponível para o consumo humano (SOUZA et al., 2014). Os reflexos da água com qualidade estão relacionados diretamente às condições de saúde e bem estar da população. Condições adequadas de abastecimento humano resultam na preservação e controle de doenças (RAZZOLINI; GUNTHER, 2008).

No Brasil, a normativa que estabelece procedimentos e responsabilidades referentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e define seu padrão de potabilidade é a Portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004 (BRASIL, 2004).

A maioria dos contaminantes químicos presentes em águas subterrâneas e superficiais está relacionada às fontes industriais e agrícolas. A presença desses contaminantes demanda de tecnologias mais complexas para o tratamento da água a fim de atingir os padrões de potabilidade (NETO; SARCINELLI, 2009). Segundo Coelho et al. (2012), a aplicação de agrotóxicos na agricultura acarreta na contaminação dos mananciais destinados ao abastecimento público. Esses agrotóxicos podem causar efeitos adversos sobre a saúde se não

for realizado o tratamento correto. Para atingir os padrões de potabilidade para abastecimento humano torna-se necessário o uso de tecnologias avançadas aumentando seu custo para tratar a água.

### 3.5 IMPACTOS ANTRÓPICOS EM CORPOS HÍDRICOS

O aumento da população humana e o desenvolvimento tecnológico contribuem de maneira significativa na geração de águas residuárias e na aplicação descontrolada de fertilizantes. Estas ações alteram a qualidade dos corpos hídricos (MORAES; JORDÃO, 2002). Desse modo, o crescimento acelerado da população e da industrialização está submetendo os corpos hídricos a elevadas pressões que acarretam em impactos nos ecossistemas e provocam efeitos adversos nos seres humanos.

Muitos corpos hídricos vêm recebendo as águas residuárias que apresentam material orgânico e mineral, superando a capacidade de autodepuração (LEITE et al., 2005). Assim, esses corpos receptores acabam tornando-se impróprios para abastecimento humano, recreação e irrigação. Diante dessa situação é fundamental considerar a capacidade de assimilação dos rios, evitando o lançamento de efluentes tratados em vazão superior à que o corpo d'água pode suportar (THEBALDI et al., 2010).

As agroindústrias são as maiores fontes poluidoras das águas no Brasil, em função da grande quantidade de resíduos. Thebaldi et al. (2010), em seu trabalho, apresentou o efeito do lançamento de efluente de abate de bovinos sobre a qualidade da água do córrego Jurubatuba, em Anápolis/GO. Nos pontos analisados, os valores de DBO estavam acima dos padrões descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para cursos de água de classe 2, comprovando assim, os impactos causados pelo homem nos corpos d'água.

O uso intensivo de agrotóxicos também tem gerado uma série de transtornos e modificações para o ambiente, seja pela contaminação ou pela acumulação destes em corpos hídricos (PERES; MOREIRA, 2007). O uso de elevados níveis de fertilizantes na agricultura resulta na degradação da qualidade ambiental de recursos hídricos, incluindo fontes de consumo humano (MOREIRA et al., 2012 ).

Em um estudo realizado na bacia do município de Paty do Alferes/RJ, os autores constataram que sedimentos do leito do rio estavam contaminados por metais pesados. Essa contaminação é decorrente do uso de agrotóxicos e fertilizantes, que podem gerar problemas de saúde e ambientais ao longo da cadeia trófica (RAMALHO; SOBRINHO; VELOSSO, 2000).

### 3.6 LEGISLAÇÃO

Em relação aos aspectos legais relacionados aos recursos hídricos, podemos destacar a Lei das Águas nº 9.433/97 que estabeleceu a PNRH e criou o SINGREH. Um dos objetivos desta é assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados promovendo o uso racional e integrado dos recursos hídricos (BRASIL, 1997). Neste contexto, foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), a partir da Lei 9.984/2000, com a finalidade de implantar a PNRH e coordenar a SINGREH (BRASIL, 2000).

Visando a classificação dos corpos d'água, foi estabelecida a Resolução do CONAMA nº 357/2005, que também dispõe sobre diretrizes ambientais para os seus enquadramentos, bem como estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes e dá outras providências. A referida resolução apresenta a classificação dos corpos d'água em água doce, salobra ou salina. Esta classificação está baseada na qualidade requerida para seus usos preponderantes (BRASIL, 2005).

Por fim, a resolução do CONAMA 430/2011 dispõe sobre condições de lançamento de efluentes e complementa a resolução 357/2005 (BRASIL, 2011).

### 3.7 POLUENTES EMERGENTES

A poluição do meio ambiente está associada ao crescimento populacional, à urbanização mal planejada e à expansão das atividades agrícolas que geram grande quantidade de resíduos, os quais tratados e dispostos de forma inadequada causam a degradação dos corpos hídricos (DURIGAN; VAZ; PERALTA-ZAMORA, 2012).

Cabe ressaltar que a atividade antrópica que mais contribui para a contaminação dos corpos hídricos é a atividade industrial. Isso porque uma grande quantidade de compostos orgânicos (compostos aromáticos, nitrogenados, halogenados e alifáticos) e inorgânicos (metais pesados) presentes em efluentes desta, não é removida por processos simples de tratamento (FREIRE et al., 2000; PEREIRA; FREIRE, 2005).

Os contaminantes emergentes são os compostos químicos que estão presentes em vários produtos comerciais, como medicamentos, produtos de uso veterinários, embalagem de alimentos e agrotóxicos (KUSTER et al., 2008). A maior preocupação com os poluentes emergentes se dá pelo fato de não serem usualmente monitorados e não possuírem legislação

específica, mesmo que apresentem risco à saúde e ao meio ambiente (LA FARRÉ et al., 2008, apud SILVA; COLLINS, 2011,).

Os riscos que estes contaminantes oferecem estão relacionados à sua elevada toxicidade, à sua característica bioacumulativa e aos seus efeitos ecotoxicológicos ainda pouco conhecidos (RODRIGUES-SILVA; MANIERO; GUIMARÃES, 2014).



## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Rio Grande do Sul comporta três regiões hidrográficas: Região Hidrográfica do Uruguai, Região Hidrográfica do Guaíba e Região Hidrográfica do Litoral. A área de estudo compreendida neste trabalho localiza-se na Região Hidrográfica do Uruguai, na bacia Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo (U-30). Essa bacia situa-se ao norte-noroeste do estado do RS, entre as coordenadas geográficas 27°07' a 28°13' de latitude Sul e 53°24' a 55°20' de longitude Oeste, compreendendo uma área de 10.753,83 km<sup>2</sup>. Os principais rios que drenam esta bacia são os seguintes: Turvo, Santa Rosa, Santo Cristo, Amandaú, Lajeado Grande e Comandá (SEMA, 2010).

A determinação dos índices, caracterização fisiográfica da bacia e parâmetros de qualidade da água foram realizadas no município de Campina das Missões/RS, como pode ser observado na Figura 1, no Rio Tumurupará (conhecido popularmente por Rio Pessegueiro). Este rio atravessa a cidade e serve de abastecimento de água para a população urbana.

Figura 1 – Área de estudo.



Fonte: Google Earth, 2016.

O município localiza-se no noroeste do estado, entre as coordenadas geográficas de latitude 27° 59' 20" Sul e longitude 54° 50' 22" Oeste, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. A área total é de 225,576 km<sup>2</sup> e, conforme o último censo do IBGE (2010), a população é de 6.117 habitantes (IBGE, 2016).

No município estão localizadas cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), sendo que uma dessas encontra-se a montante do ponto de captação da água bruta. O gerenciamento da estação de tratamento de água (ETA) e da ETE é realizado pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) (PMSB, 2013).

Nesta região, predomina a atividade agropecuária com maior crescimento na suinocultura, destacando-se também os comércios e indústrias. As principais atividades agrícolas compreendem o plantio da soja, milho, trigo, feijão e mandioca.

#### 4.2 REAGENTES E SOLVENTES UTILIZADOS

Para a determinação analítica foram utilizados os reagentes EC Brot, Meat Peptone, da marca Himedia e Cloreto de Sódio da marca Vetec, para as análises de coliformes termotolerantes. Objetivando determinar a DBO foram usados dois comprimidos de hidróxido de potássio e um sachê de solução tampão nutriente (marca Hach). As soluções foram preparadas com água destilada, quando necessário.

#### 4.3 COLETA E PRESERVAÇÃO DA AMOSTRA

A coleta das amostras foi realizada em quatro pontos estratégicos do Rio Tumurupará, sendo eles localizados na nascente (Ponto 1), antes da cidade (Ponto 2), na captação da água para abastecimento público (Ponto 3) e na saída da cidade (Ponto 4). Nestes pontos, foram realizadas coletas dia 13 de agosto de 2016 para a determinação dos índices IQA e IET e análise do parâmetro de qualidade.

Somente os pontos 2, 3 e 4 foram utilizados para análise do IB. A desconsideração do ponto na nascente está relacionada pela sua distância, visto que o mesmo localiza-se em outro município (Cândido Godói/RS). O período de coleta para esta análise foi compreendido em cinco semanas.

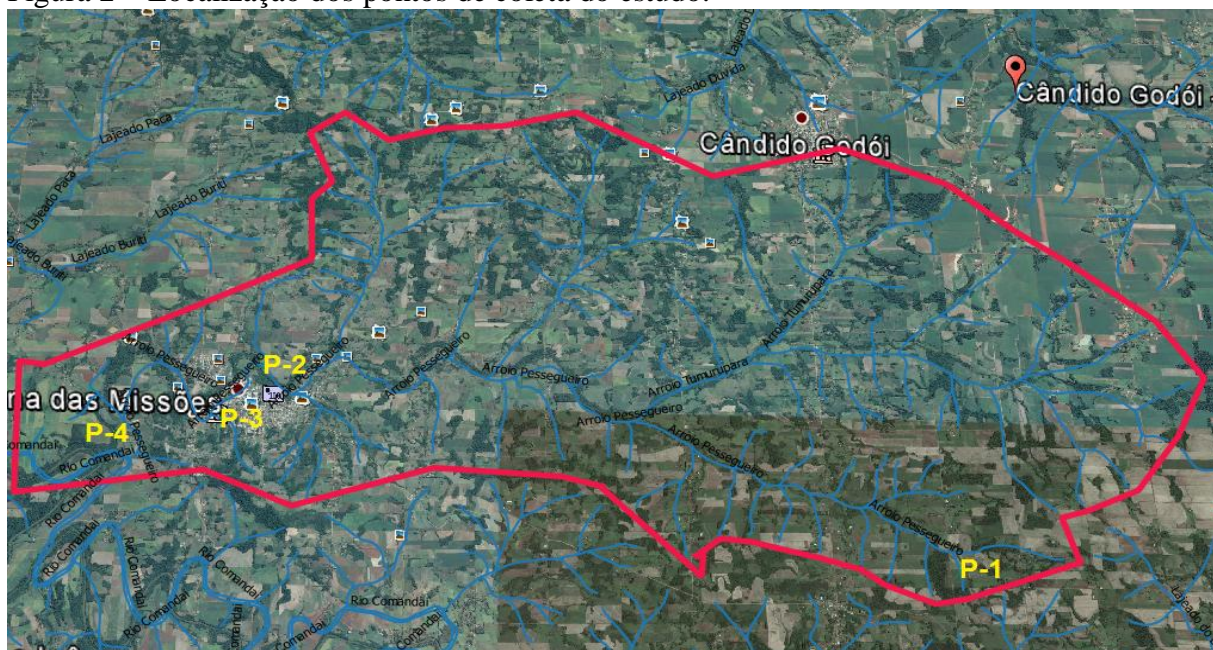
Alguns aspectos foram levados em consideração para a escolha dos locais de coleta dos pontos utilizados no estudo, como:

- Localização da nascente do rio (Ponto 1);

- Antes do despejo de efluente da ETE e outras fontes poluidoras da cidade (Ponto 2);
- Depois do despejo de efluente da ETE e ponto de captação da água bruta para abastecimento público (Ponto 3);
- Local utilizado para recreação de contato primário (Ponto 4).

Na Figura 2, são apresentados os locais destinados à coleta dos pontos utilizados no estudo a fim de determinar os parâmetros químicos, físicos e biológicos.

Figura 2 – Localização dos pontos de coleta do estudo.



Fonte: Google Earth, 2016.

É extremamente importante que durante a coleta as amostras não sejam contaminadas e nem alteradas. A NBR 9898 (ABNT, 1987) apresenta alguns critérios que devem ser observados para o procedimento correto. Para a amostragem de águas superficiais com coleta manual o frasco utilizado foi mergulhado aproximadamente 15 a 30 cm abaixo da superfície da água e direcionado com sua boca no sentido contrário à corrente. As amostras foram devidamente identificadas.

As coletas foram realizadas em frascos de vidro de 250 mL, identificados para as análises dos parâmetros físicos e químicos como DBO, turbidez e sólidos totais. Essas análises foram realizadas no dia da coleta. Em relação à coleta das amostras para determinar o parâmetro biológico, foi necessário que os frascos de vidro de 250 mL fossem autoclavados para garantir a completa esterilização, e as análises foram realizadas antes de completar 24 horas de armazenamento.



O processo após a coleta consiste na preservação da amostra. Esta etapa é considerada fundamental para que não ocorra nenhuma alteração física e/ou química. Uma das técnicas que pode ser utilizada é a refrigeração. Essa técnica permite que as amostras sejam analisadas em laboratório sem alterações consideráveis nos parâmetros. Assim, a determinação das amostras no laboratório ajuda a minimizar o potencial de contaminação (KASPER et al., 2015).

As amostras foram refrigeradas a 4 °C numa caixa de isopor e levadas ao Laboratório de Águas da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Cerro Largo/RS, para as análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos. Algumas amostras foram encaminhadas para a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* Toledo, não sendo necessária a preservação das amostras, apenas o cuidado para não quebrar os recipientes e não ocorrer vazamento.

#### 4.4 DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

As análises dos parâmetros OD, pH e temperatura foram determinadas *in situ* pelo equipamento sonda multiparâmetro (Sonda YSI Professional Plus). A temperatura foi medida em °C e o OD em mg L<sup>-1</sup>.

A determinação dos parâmetros turbidez, DBO, coliformes termotolerantes e sólidos totais foi realizada no laboratório da UFFS, *campus* Cerro Largo/RS e seguiram as metodologias descritas no Standard Methods (APHA, 2005).

Os parâmetros químicos como alumínio, fósforo, cloro, vanádio, cromo, manganês, ferro, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, selênio, bário e chumbo foram determinados pela técnica analítica Análise Elemental por Fluorescência de Raios-X por Reflexão Total (TXRF). O parâmetro nitrogênio total foi determinado pelo método analítico de Oxidação Catalítica por Combustão 680 °C (OCC) pelo equipamento TOC-L. Ambas as análises foram realizadas em parceria com a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Os parâmetros, os métodos e as referências utilizadas para a determinação analítica estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros, métodos e referências utilizadas para cada técnica.

Parâmetro	Método	Referência
DBO	Respirométrico	Standard Methods, 2005
OD	Sonda multiparâmetro	Standard Methods, 2005
Turbidez	Turbidímetro	Standard Methods, 2005
pH	Sonda multiparâmetro	Standard Methods, 2005
Coliformes Fecais	Tubos múltiplos	Standard Methods, 2005
Temperatura	Sonda multiparâmetro	Standard Methods, 2005
Nitrogênio total	OCC 680°C	Shimadzu,
Resíduo totais	Gravimetria	Standard Methods, 2005
Alumínio	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Fósforo total	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Cloro	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Vanádio	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Cromo	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Manganês	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Ferro	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Cobalto	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Níquel	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Cobre	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Zinco	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Arsênio	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Selênio	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Bário	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015
Chumbo	TXRF	Espinoza-Quiñones, 2015

Fluorescência de Raios-X por Reflexão Total (TXRF).

Oxidação Catalítica por Combustão 680 °C (OCC).

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.4.1 Análises multielementares (TXRF)

Para as análises elementares o equipamento utilizado foi um espectrômetro de bancada portátil TXRF (Bruker, modelo S2 PICOFOX<sup>TM</sup>). O método analítico foi descrito detalhadamente por Espinoza-Quiñones et al. (2015). O equipamento permite uma análise simultânea e multielementar dos elementos.

Para quantificar as amostras foi adicionado um elemento padrão que não estava presente na amostra, o Gálio. Através desse padrão é possível realizar a correção da instabilidade do sistema, como a oscilação no gerador de raios-X, a emissão de raios-X pelo ânodo, a detecção de raios-X e problemas operacionais como posicionamento não homogêneo das amostras (MOREIRA et al., 2006).

#### 4.4.2 Oxidação Catalítica por Combustão (CCO)

O método de Oxidação Catalítica por Combustão a 680 °C foi utilizado para determinar o nitrogênio total através do aparelho TOC-L, Shimadzu, seguindo metodologia do próprio fabricante.

#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA

Para caracterização físiográfica da bacia utilizou-se o sistema de informação (SIG) geográfica QGIS utilizando a base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul (HASENACK, H.; WEBER, E, 2010) como ferramenta para determinação dos cálculos: índices de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem, sinuosidade e ordem dos cursos d'água.

O coeficiente de compacidade (Kc) foi determinado a partir da Equação (1), a qual apresenta a relação entre o perímetro (P) da bacia e a circunferência de um círculo de área (A). A interpretação do valor de Kc está relacionada com a forma da bacia, quanto maior for o valor de Kc, mais alongada será a bacia e, conseqüentemente, menor a possibilidade de enchente. Segundo Villela e Matos (1975), os valores de Kc entre 0,75 – 1,25 indicam tendência de enchente, acima disso é considerado pouco suscetível a inundações.

$$Kc = 0,28\left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right) \quad (1)$$

Onde:

Kc = coeficiente de compacidade

P = perímetro da bacia (km)

A = área da bacia (km<sup>2</sup>)

Já o fator de forma (Kf) considera a largura média (Lm) e o comprimento axial da bacia (L). Considerando que  $Lm = A/L$ , o Kf foi calculado de acordo com a Equação (2) (VILLELA; MATOS, 1975).

$$Kf = A/L^2 \quad (2)$$

Onde:

Kf = fator de forma

A = área da bacia (km<sup>2</sup>)

L<sup>2</sup> = comprimento axial da bacia

A Equação (3), proposta por Horton (1945), refere-se à densidade de drenagem (Dd), onde a variável L representa o comprimento dos cursos d' água (km). Este índice indica a eficiência de drenagem da bacia hidrográfica, em que, para avaliação, considera-se a bacia hidrográfica com  $Dd < 0,5$  como de drenagem pobre;  $0,5 \leq Dd < 1,5$  de drenagem regular;  $1,5 \leq Dd < 2,5$  de drenagem boa;  $2,5 \leq Dd < 3,5$  de drenagem muito boa; e  $Dd \geq 3,5$  de bacia excepcionalmente bem drenada (VILLELA; MATOS, 1975).

$$Dd = L/A \quad (3)$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem

L = comprimento dos cursos d' água (km)

A = área da bacia (km<sup>2</sup>)

A sinuosidade de curso d' água (sin) analisa o comprimento do rio principal (L) e o comprimento de um talvegue (Lt), e foi determinada pela Equação (4) (VILLELA; MATOS, 1975).

$$Sin = L/Lt \quad (4)$$

Onde:

Sin = sinuosidade

L = comprimento do rio principal (km)

Lt = comprimento de um talvegue (km)

Por fim, foi determinada a ordem da bacia seguindo a metodologia proposta por Strahler (1957).

#### 4.6 DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE

Para a avaliação e a determinação dos índices de qualidades foram utilizadas as metodologias apresentadas pelo Portal da Qualidade das Águas (ANA, 2016).

#### 4.6.1 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O IQA foi determinado pelo produtório ponderado das qualidades estabelecidas para cada parâmetro, conforme a Equação (5).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (5)$$

Onde:

IQA = Índice de qualidade das águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$ -ésimo, entre 0 e 100, obtida através da curva média de variação de qualidade;

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, entre 0 e 1;

$n$  = número de variáveis para o cálculo do IQA.

Os parâmetros considerados para o cálculo do IQA e seus respectivos pesos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros envolvidos no cálculo do IQA e os respectivos pesos.

Parâmetro	Peso ( $w$ )
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Diferença de temperatura	0,10
Turbidez	0,8
Sólidos totais	0,8

Fonte: ANA, 2016.

A partir do cálculo efetuado, o valor do IQA pode variar de 0 a 100, e dependendo do valor, a qualidade da água bruta pode ser considerada ótima, boa, razoável, ruim ou péssima. Na Tabela 4 é apresentada esta classificação.



Tabela 4 – Classificação do IQA para diferentes estados brasileiros.

<b>Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN e RS</b>	<b>Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE e SP</b>	<b>Avaliação da Qualidade da Água</b>
91 - 100	80 - 100	Ótima
71 - 90	52 - 79	Boa
51 - 70	37 - 51	Razoável
26 - 50	20 - 50	Ruim
0 - 25	0 - 19	Péssima

Fonte: ANA, 2016.

#### 4.6.2 Índice de Estado Trófico (IET)

O cálculo do IET foi determinado pela Equação (6), modificada por Lamparelli (2004), na qual é apresentado o parâmetro fósforo total como fundamental para determinar o estado trófico do rio. A finalidade desse índice é classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia.

$$IET = 10(6 - (0,42 - 0,36 \frac{\ln PT}{\ln 2})) \quad (6)$$

Onde:

IET = Índice do Estado Trófico;

PT = Fósforo total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

A partir dos valores encontrados, o IET é classificado segundo as classes de estados tróficos, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Classe de estado trófico para o fósforo total.

<b>Valor do IET</b>	<b>Classe de Estado Trófico</b>
$P \leq 13$	Ultraoligotrófico
$13 \leq P \leq 35$	Oligotrófico
$35 \leq P \leq 137$	Mesotrófico
$137 \leq P \leq 296$	Eutrófico
$296 \leq P \leq 640$	Supereutrófico
$640 < P$	Hipereutrófico

Fonte: CETESB, 2016.

#### 4.6.3 Índice de Balneabilidade (IB)

Para determinação do IB, foram seguidas as normas da Resolução CONAMA 274/2000. O parâmetro biológico analisado foi Coliformes Termotolerantes e a amostragem foi realizada com frequência semanal por cinco sábados 13/08, 20/08, 27/08, 03/09 e 10/09, no ano de 2016, conforme a legislação exige.

Para a interpretação dos resultados, as águas para contato primário foram consideradas como próprias ou impróprias, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 – Águas consideradas próprias para contato primário considerando o limite de coliformes termotolerantes.

Limite de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	Categoria
250	Excelente
500	Muito boa
1000	Satisfatória

NMP/100 mL: número mais provável por 100 mL em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores.

Fonte: Brasil, 2000.

Os valores que estão acima de 1000 NMP/100 mL foram classificados como água imprópria para recreação de contato primário.

#### 4.7 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE COM A LEGISLAÇÃO

Os parâmetros de qualidade analisados foram alumínio, cloro, vanádio, cromo, manganês, ferro, cobalto, níquel, cobre, zinco, arsênio, selênio, bário e chumbo. Os valores obtidos foram comparados aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Conforme o Art. 42 da Resolução CONAMA 357/2005, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas de Classe 2. Logo, para a comparação dos limites com a resolução, considerou-se o enquadramento do Rio Tumurupará como de Classe 2.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados da caracterização fisiográfica da bacia, os índices de qualidade (IQA, IET e IB) do Rio Tumurupará, e será realizada uma comparação dos parâmetros de qualidade com a Resolução CONAMA 357/2005 para verificação dos limites padrões.

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA

De acordo com os dados obtidos no *software* QGIS, os resultados da caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Tumurupará são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultado dos parâmetros fisiográficos da bacia.

Variáveis calculadas para caracterização fisiográfica	Resultado
Área (Km <sup>2</sup> )	96,21
Perímetro (Km)	47,70
Comprimento axial (Km)	16,30
Comprimento total dos cursos d' água (Km)	137,43
Comprimento do rio principal (Km)	21,61
Comprimento de um talvegue (Km)	16,47
Parâmetro fisiográfica da bacia	Resultado
Kc	1,36
Kf	0,36
Dd (km/km <sup>2</sup> )	1,43
sin	1,11
Ordem da bacia	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Os parâmetros Kc e Kf são os mais utilizados para verificar se a bacia é suscetível a enchente (OLIVEIRA et al., 2011). O resultado para Kc indica uma bacia alongada e não suscetível a inundação. O valor de Kf também corrobora o identificado pelo Kc, pois segundo a classificação de Villela e Mattos (1975), confirma-se pouca probabilidade de ocorrer enchente. Essa avaliação permite identificar que possivelmente a microbacia não venha comprometer significativamente a qualidade da água, pois não apresenta risco de inundação. Neste contexto, podemos destacar que probabilidade de ocorrer uma poluição de origem difusa através do transbordo de fossas sépticas é pequena.

A Dd foi classificada como regular, indicando um grau moderado de infiltração. Essa densidade de drenagem reflete na suscetibilidade a erosão do terreno (MILANI; CANALDI, 2000). Já o índice de sin enquadrrou-se como de baixa sinuosidade. E, por fim, o grau de ramificações da bacia classificou-se em ordem 4, recebendo a contribuição de vários tributários.

## 5.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

Os resultados dos parâmetros obtidos para os pontos amostrais ao longo do Rio Tumurupará são apresentados na Tabela 8. A partir desses valores calculou-se o IQA.

Tabela 8 – Valores dos parâmetros obtidos nos pontos amostrais do Rio Tumurupará.

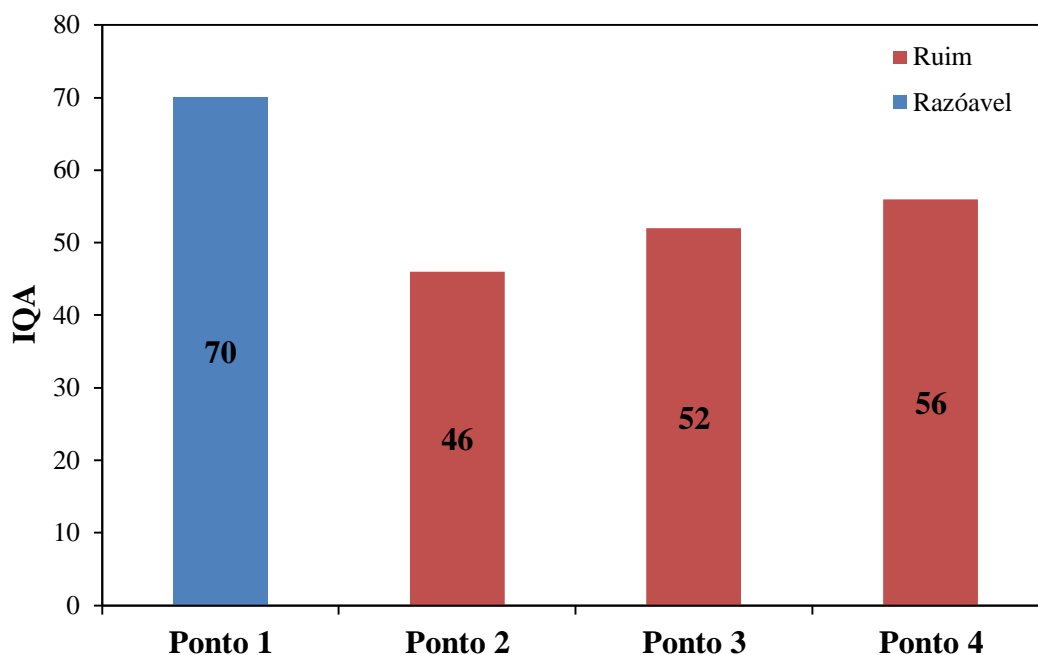
Parâmetro	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
T água (°C)	13,7	12,8	13	13,7
pH	8,3	7,8	7,8	7,9
OD (%)	42	48	34,6	46
Turbidez (NTU)	20	12,7	11,7	22
Sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	214,3	200,4	171,4	114,3
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	6	22	13,7	20
Coliformes termotolerantes NMP/100 mL	740	74000	9300	1500
Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )	0,04	0,022	0,023	0,03
Nitrogênio Total (mg L <sup>-1</sup> )	0,8	1,2	2,4	1,5

Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores de IQA para o local de estudo variaram entre 70 e 46, enquadrando-se nas faixas razoável e ruim, respectivamente. Através dos resultados da avaliação do IQA, apresentado na Figura 3, é possível verificar que a qualidade do rio está comprometida.

O Ponto 1 apresentou o melhor valor para o IQA, porém sua classificação foi determinada como razoável. Esse ponto amostral está localizado na área rural, local onde ocorre a dessedentação de rebanho bovino, o que pode ter influenciado no parâmetro Coliformes Termotolerantes. Os parâmetros OD e DBO também influenciaram na qualidade da água, pois apresentaram valor insatisfatório.

Figura 3 – Classificação do IQA para os pontos amostras do Rio Tumurupará.



Fonte: elaborado pelo autor.

Constatou-se que a faixa de IQA no Ponto 2 foi a menor, classificada como ruim. Neste local, encontra-se um balneário e próximo um clube de lazer. Os parâmetros que alteraram significativamente a qualidade da água no ponto foram DBO, Coliformes Termotolerantes e OD. O ponto de coleta ocorre na entrada da cidade, logo esse deveria apresentar melhor qualidade da água visto que o lançamento de efluente ocorre depois desse ponto. Os fatores que podem ter influenciado na qualidade da água deste local consistem na hipótese de ocorrer o despejo de efluente clandestino. Além disso, como o rio passa pela cidade de Cândido Godói/RS, este pode ter recebido despejo de efluente à montante.

Entre os pontos 3 e 4, os resultados já eram esperados pela deterioração da qualidade que ocorre na bacia. O Ponto 3, localizado no local de captação da água bruta para abastecimento público, apresentou valor elevado para o parâmetro microbiológico. Isso é justificado pelo fato de que à montante está localizada uma ETE.

O último ponto (Ponto 4) também apresentou uma faixa de IQA ruim. Porém é possível perceber que o parâmetro microbiológico apresentou um valor menor que o anterior, o que demonstra que ocorreu uma diluição dos efluentes ao longo do rio.

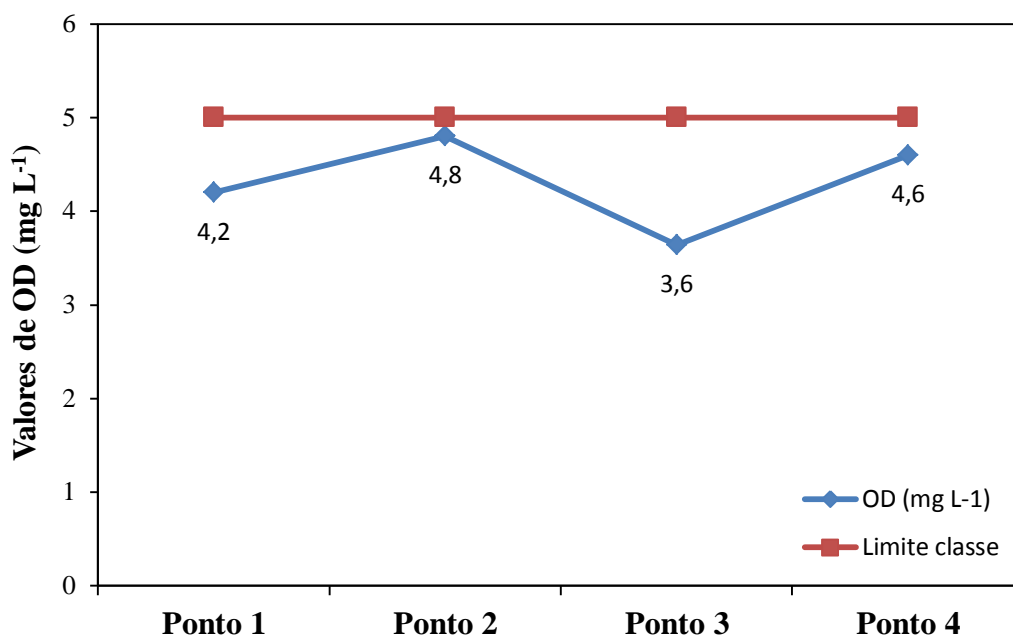
De forma geral, os valores de IQA calculados apontaram uma qualidade ruim da água do local de estudo. Essa baixa qualidade do Rio Tumurupará coloca em risco a saúde da população, uma vez que este é utilizado para o abastecimento público.

### 5.2.1 Análise individual dos parâmetros do IQA com a Resolução CONAMA 357/2005

A análise individual dos parâmetros do IQA, comparando-os com os limites da Resolução CONAMA 375/005 para Classe 2, permite verificar quais os principais indicadores que influenciam na deterioração da qualidade da água.

Os valores obtidos para o parâmetro OD em todos os pontos estavam abaixo do limite permitido pela Resolução CONAMA 375/2005 para Classe 2, que apresenta um valor limite não menor que  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , como pode ser observado na Figura 4. Os valores insatisfatórios indicam que ocorreu baixa oxigenação nos ponto analisados, influenciando diretamente na biodiversidade aquática (CETESB, 2009).

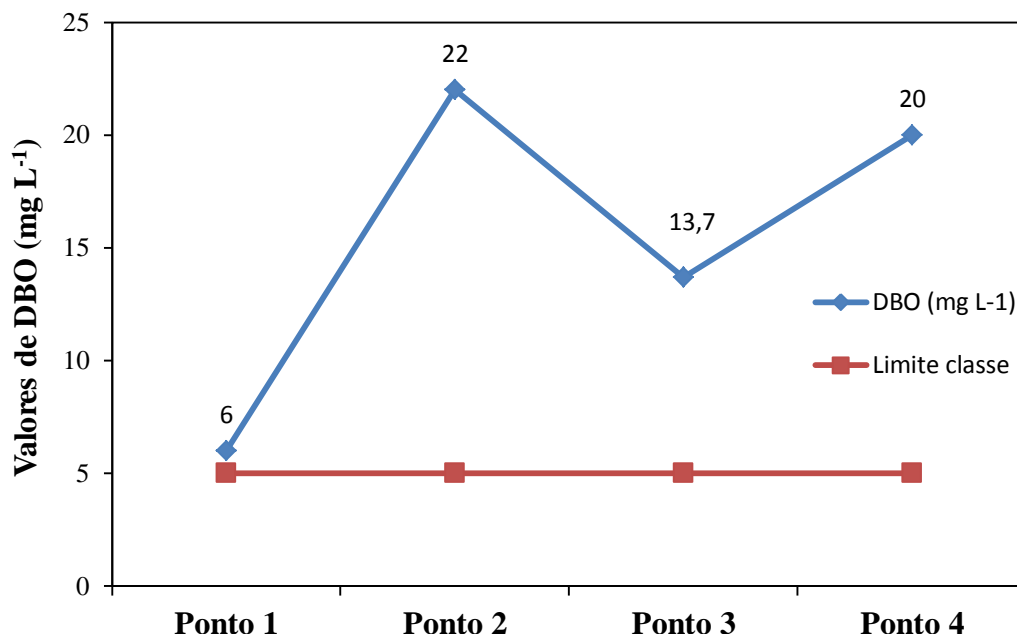
Figura 4 – Análise individual do parâmetro OD com a Resolução CONAMA 357/2005.



Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se, na Figura 5, valores elevados para DBO, acima do limite estabelecido pela CONAMA de  $5 \text{ mg L}^{-1}$ . Os dados para o Ponto 1 apresentam valor próximo, mas não aceitável para Classe 2. O baixo valor de DBO no Ponto 3 pode estar relacionado com a maior velocidade superficial do rio, a qual aumenta a sua capacidade de autodepuração.

Figura 5 – Análise individual do parâmetro DBO com a Resolução CONAMA 357/2005.

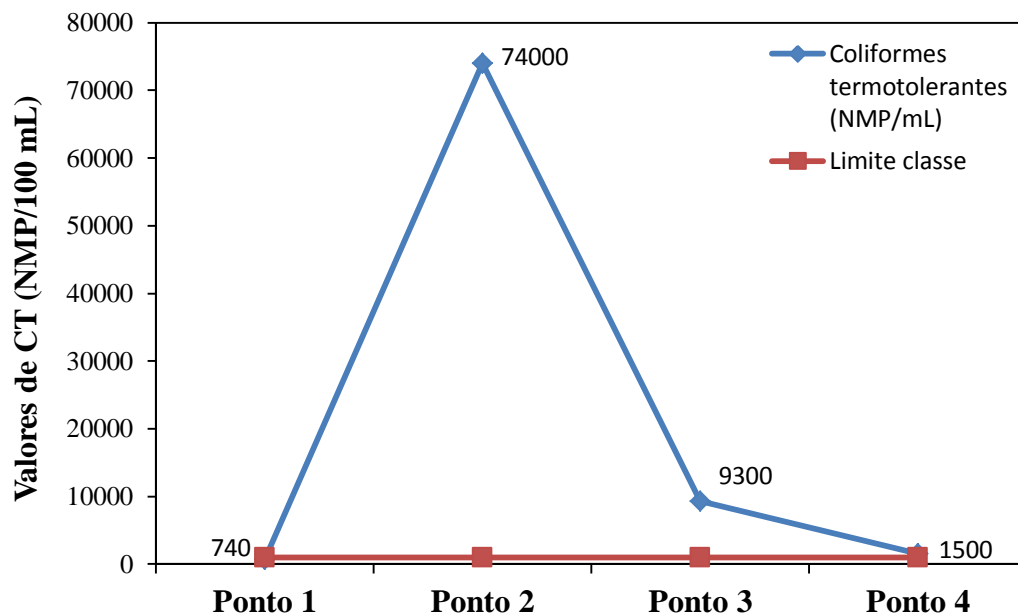


Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 6 são apresentados os valores de coliformes termotolerantes para cada ponto e o limite estabelecido pelo órgão. Observa-se que o parâmetro apresenta valor adequado para o Ponto 1, onde a principal fonte de poluição é a dessedentação de animais. Já os outros pontos apontam uma contaminação por microorganismos biológicos elevados decorrentes principalmente do despejo de efluentes domésticos. O maior valor é observado no Ponto 2, o que pode estar relacionado ao lançamento de esgoto sem o devido tratamento ou à contribuição de alguma fonte de poluição ao longo do trecho.

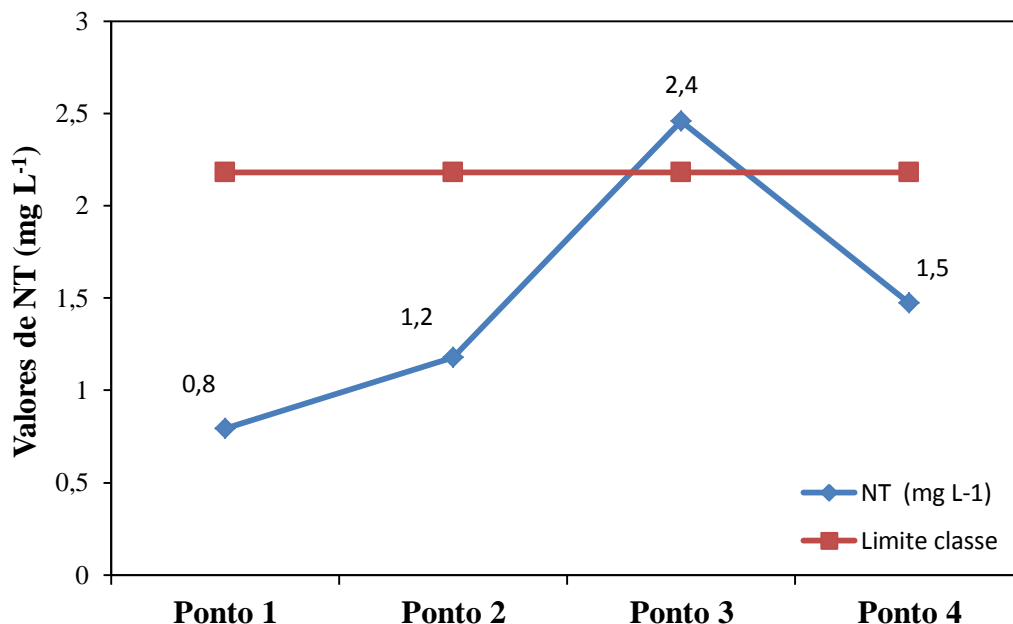
Os resultados para o nitrogênio total que a Resolução CONAMA 357/2005 apresenta para rios de água doce de Classes 1 e 2 estão relacionados ao nitrogênio como fator limitante do processo de eutrofização. Nesse caso, o valor de nitrogênio total não deverá superar 2,18 mg L<sup>-1</sup> em ambientes lóticos. Assim, na Figura 7 são apresentados os valores de NT e o respectivo limite, no qual podemos destacar que no Ponto 3, em que o valor está acima do permitido, esse valor elevado pode estar associado à contribuição da drenagem pluvial e o lançamento de efluente doméstico. Nos demais pontos, o parâmetro está dentro do padrão estipulado pela legislação.

Figura 6 – Análise individual do parâmetro Coliformes Termotolerantes (CT) com a Resolução CONAMA 357/2005.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 7 – Análise individual do parâmetro Nitrogênio Total (NT) com a Resolução CONAMA 357/2005.



Fonte: elaborado pelo autor.

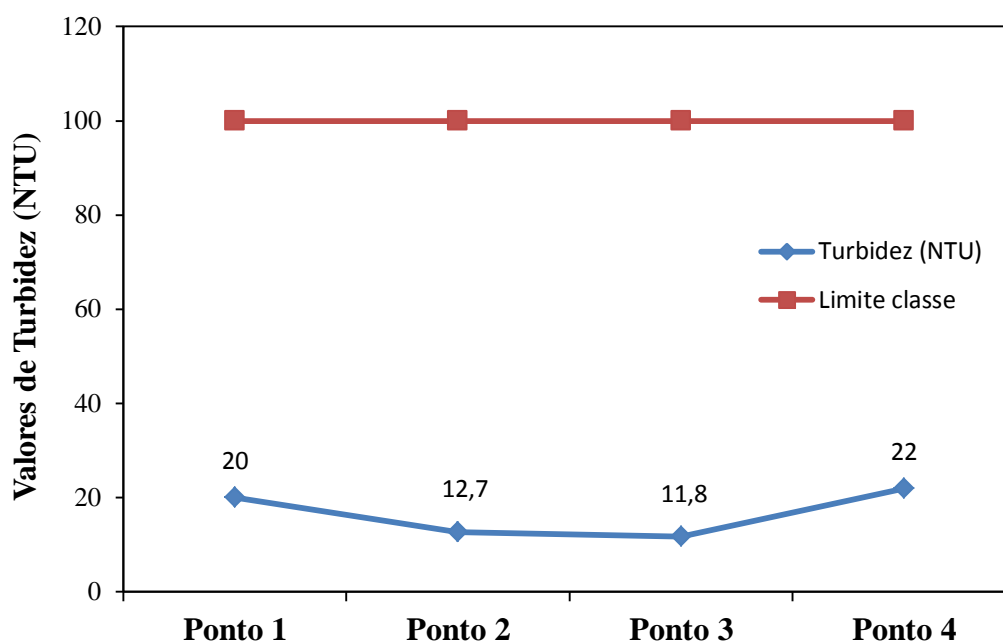
Os demais parâmetros, sólidos totais, turbidez, fósforo e pH, estão adequados à legislação, e o valor para a temperatura não consta na CONAMA 357/2005. Os dados para turbidez e sólido totais apresentaram uma variação nos valores, já para os demais não ocorreu



uma mudança significativa. Partindo dessa informação, são apresentados os parâmetros que obtiveram alguma alteração.

Para o parâmetro turbidez foi observado que os valores estão dentro do limite padrão, como é apresentado na Figura 8. A variação do valor de um ponto para outro pode estar atrelado ao material em suspensão presente na água. Os Pontos 1 e 4 apresentaram os maiores valores de turbidez em relação aos os demais pontos.

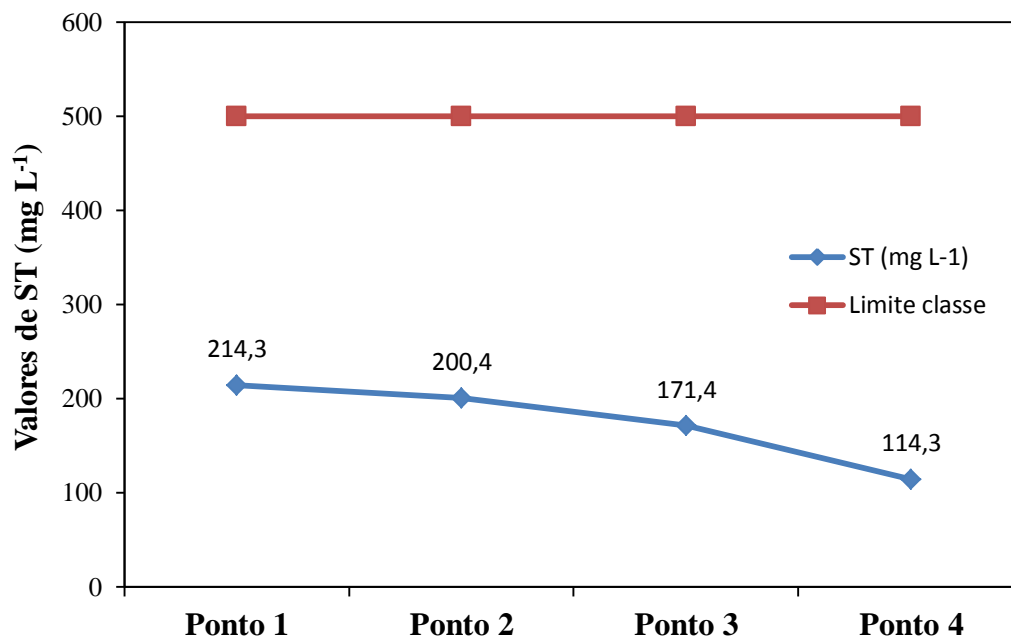
Figura 8 – Análise individual do parâmetro Turbidez com a Resolução CONAMA 357/2005.



Fonte: elaborado pelo autor.

O último parâmetro analisado apresentou valores abaixo do limite ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) para sólidos totais, como pode ser observado na Figura 9. O parâmetro sólidos totais apresenta o mesmo comportamento da turbidez, sendo possível relacionar esses dois parâmetros (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). O mesmo autor afirma que os valores estão relacionados à falta de vegetação e início de assoreamento do rio, o que é notável nos pontos amostrais do Rio Tumurupará.

Figura 9 – Análise individual do parâmetro Sólidos Totais (ST) com a Resolução CONAMA 357/2005.



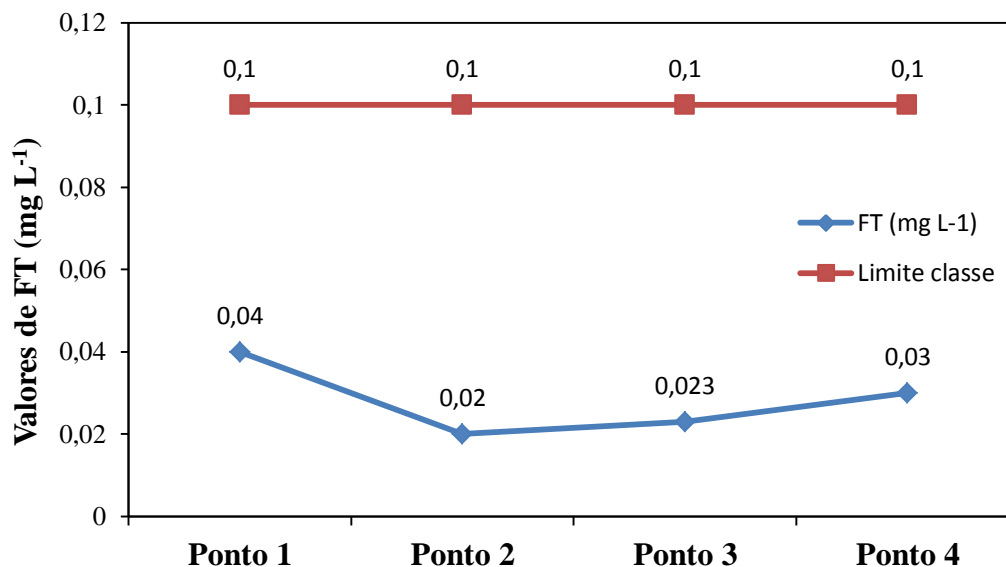
Fonte: elaborado pelo autor.

### 5.3 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

A determinação do IET baseou-se no parâmetro fósforo total e foi determinada a partir da Equação (6). De acordo com a Tabela 5, a classificação do IET para todos os pontos foi de mesotrófico, com valor de  $74 \text{ mg m}^{-3}$  no Ponto 1,  $72 \text{ mg m}^{-3}$  nos Pontos 2 e 3, e  $71 \text{ mg m}^{-3}$  no Ponto 4, não apresentando variações significativas. A classe mesotrófica apresenta possível implicação sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis (ANA, 2016).

Ao comparar os valores de fósforo com a Resolução CONAMA 357/2005, comprova-se a baixa concentração desse nutriente na água, visto que os dados estão dentro do limite. A Figura 10 apresenta essa análise, sendo possível identificar um nível de eutrofização muito baixo, visto que esse parâmetro atua como agente principal no processo.

Figura 10 – Comparação dos valores de Fósforo Total (FT) com a Resolução CONAMA 357/2005.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 5.4 ÍNDICE DE BALNEABILIDADE (IB)

Os valores de coliformes nos três pontos analisados durante o período amostral apresentaram valores em desconformidade com o limite estabelecido pela legislação de 1000 NMP/100 mL. Com essa classificação é possível caracterizar a água como imprópria para recreação de contato primário, pois 100% das amostras estão insatisfatórias.

Os resultados para o parâmetro Coliformes Termotolerantes, durante o período amostral de 5 semanas, são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultado de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) em todos os pontos amostrais.

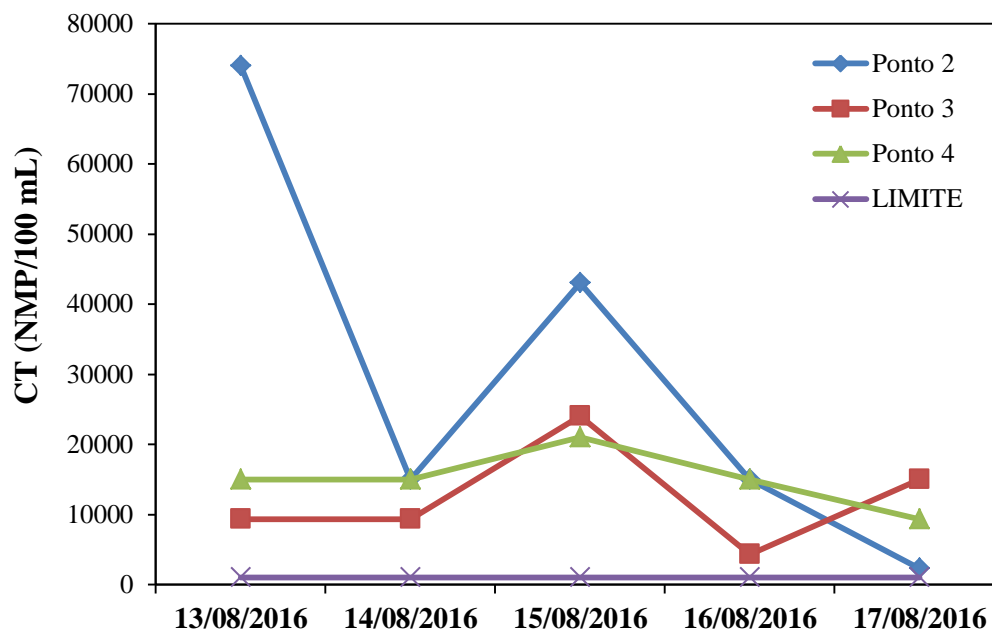
Período	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
13/08/2016	74000	9300	15000
20/08/2016	15000	9300	15000
27/08/2016	43000	24000	21000
03/09/2016	15000	4300	15000
10/09/2016	2300	15000	9300

Fonte: elaborado pelo autor.

A variação que ocorre com os resultados num mesmo ponto pode ser visualizada melhor na Figura 11. A alteração dos valores está relacionada ao período de chuvas. Segundo Vasilio (2006), a chegada da chuva pode aumentar o número de coliformes por carreamento

de material fecal a partir do escoamento superficial das atividades pecuárias e fontes difusas (WHO, 2003).

Figura 11 – Variação dos Coliformes Termotolerantes (CT) durante o período amostral.



Fonte: elaborado pelo autor.

O maior valor de coliformes foi observada no Ponto 2, local que ocorre atividade pecuária e onde existe a possibilidade de descarga de alguma fonte de poluição à montante.

A determinação do IB no Ponto 4 foi essencial, pois a identificação de um balneário utilizado como lazer pela população apresentou valores de coliformes termotolerantes acima do permitido. Essa classificação da água em imprópria é proveniente do lançamento de efluente das 5 ETE's em que, de acordo com o PMSB (2013) do município, o sistema de tratamento apresenta baixa eficiência, o que justifica os valores altos de coliformes termotolerantes.

Diante dessa situação, avaliar o IB é um instrumento indispensável para oferecer segurança aos banhistas (FRANCCERNER et al., 2011). Lopes e Magalhães Junior (2010) também demonstraram essa preocupação da balneabilidade em águas doces.

## 5.5 ANÁLISE DE PARÂMETROS DE QUALIDADE COM A CONAMA 357/2005

Os resultados para os parâmetros químicos apresentam valores acima dos limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005 para Classe 2. Na Tabela 10 são apresentados os parâmetros analisados nos quatro pontos experimentais.

Tabela 10 – Comparação de parâmetros de químicos com o limite estabelecido pela CONAMA 357/2005.

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Limite CONAMA 357/2005
Al – Alumínio (mg L <sup>-1</sup> )	0,41	0	0,256	0,71	0,1
Cl – Cloro (mg L <sup>-1</sup> )	0,055	0,072	0,061	0,061	0,01
V – Vanádio (mg L <sup>-1</sup> )	0,007	0	0	0,006	0,1
Cr – Cromo (mg L <sup>-1</sup> )	0,007	0,001	0,002	0,001	0,05
Mn – Manganês (mg L <sup>-1</sup> )	0,006	0,014	0,005	0,023	0,1
Fe – Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	0,506	0,577	0,41	1,073	0,3
Co – Cobalto (mg L <sup>-1</sup> )	0	0	0	0,004	0,05
Ni – Níquel (mg L <sup>-1</sup> )	0,004	0,005	0,007	0,003	0,025
Cu – Cobre (mg L <sup>-1</sup> )	0,034	0,019	0,011	0,027	0,009
Zn – Zinco (mg L <sup>-1</sup> )	0,053	0,103	0,019	0,026	0,18
As – Arsênio (mg L <sup>-1</sup> )	0	0	0	0	0,01
Se – Selênio (mg L <sup>-1</sup> )	0	0,001	0	0,002	0,01
Ba – Bário (mg L <sup>-1</sup> )	0	0	0	0	0,7
Pb – Chumbo (mg L <sup>-1</sup> )	0,003	0,01	0	0	0,01

Fonte: elaborado pelo autor.

Os elementos que ficaram acima do limite permitido foram o alumínio, o cloro, o ferro e o cobre. Os altos valores de alumínio e cloro estão associados à ETA do município. O cloro é utilizado na etapa de desinfecção, enquanto que o alumínio é proveniente do sulfato de alumínio usado como coagulante no processo de tratamento da água. Já no Ponto 1 a hipótese é que a cooperativa próxima ao ponto pode estar influenciando no resultado.

As concentrações elevadas de cobre em todos os pontos apresentam uma ameaça à biota aquática, considerando que esse elemento é bioacumulativo e suas concentrações permanecem ao longo da cadeia trófica, podendo atingir o homem (PEREIRA, 2004). Em trabalho realizado por Pereira (2003) a presença de cobre na água foi associada a efluentes industriais, despejo de esgoto e defensivos agrícolas. Logo, os dados encontrados para o cobre na área de estudo são provenientes principalmente dos defensivos agrícolas.

Os valores acima do limite para o elemento ferro na água em todos os pontos é proveniente do solo do leito do rio, das rochas e do carreamento dos solos da superfície.

## 6 CONCLUSÃO

Com a utilização da ferramenta *software* QGIS, determinaram-se os parâmetros fisiográficos da bacia em estudo. Esses valores calculados caracterizaram a bacia hidrográfica em alongada, não suscetível à enchente e com drenagem regular, apresentando, assim, um grau moderado de infiltração.

Diante dos resultados apresentados para os indicadores de qualidade da água, IQA e IB, é notória a deterioração da qualidade do Rio Tumurupará. Por outro lado, o IET apresentou baixo processo de eutrofização, em níveis aceitáveis. Com a determinação dos índices de qualidade foi possível identificar quais as principais fontes poluidoras que alteram os parâmetros de qualidade da água.

Considerando, que os valores de IQA para nossa região apresentaram uma faixa razoável e ruim e que o município utiliza essa água para abastecimento público recomenda-se que as ETE's melhorem sua eficiência, pois o lançamento do efluente no corpo hídrico está comprometendo sua qualidade. E principalmente, avaliar a questão de uma ETE estar localizada a montante do ponto de captação da água para abastecimento público.

Neste contexto, verificar alguns elementos químicos com a Resolução do CONAMA 357/2005 é de suma importância, principalmente os metais, que são bioacumulativos e podem causar sérios riscos à saúde humana quando encontrados acima do limite permitido. Também cabe mencionar e ressaltar a preocupação com os poluentes emergentes, como fármacos, agrotóxicos, entre outros. Isso porque, além de não serem removidos por processos simples, ainda não apresentam monitoramento e legislação específica que estabeleça limites máximos destes no meio ambiente.

De forma geral, o trabalho apresentou a situação atual do Rio Tumurupará, no município de Campina das Missões/RS. Verificou-se que a qualidade deste rio vem sendo degradada e que, com isso, são necessárias mudanças no planejamento de coleta e tratamento da água a fim de garantir uma melhora na qualidade desta à população. Ainda, deve-se fazer um monitoramento das possíveis fontes de poluição do rio, contribuindo, assim, com o meio ambiente e com a saúde pública.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 21<sup>a</sup>. Ed., 2005.

ARAI, F.K.; PEREIRA, S.B.; OLIVEIRA, F.C.; DAMALIA, L.S. **Caracterização hidromorfométrica da bacia do Dourados localizada no centro-sul do Mato Grosso do Sul. Agrarian** (Dourados. Online), v. 5, p. 270-280, 2012.

ANDRETTA, Vanessa; PEREIRA, José A. A; MACEDO, Renato L. G; LOPES, Frederico W. A; VITORINO, Maria R. Impactos ambientais e perfil dos visitantes no complexo da Cachoeira da Fumaça em Carrancas/MG. **Caderno Virtual de Turismo**, v. 8, n. 1, p. 57-68, 2008.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

ALVES, Igor Charles Castor; EL-ROBRINI, Maâmar; SANTOS, Maria de Lourdes Souza; MONTEIRO, Sury de Moura; BARBOSA, Leandro Patrick; GUIMARÃES, Ferreira José Tasso Felix. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amaz**, v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012.

ANDRIETTI, Grasiane; FREIRE, Rosane; AMARAL, Adriana Garcia do; ALMEIDA, Frederico Terra de; BONGIOVANI, Milene Carvalho; SCHNEIDER, Roselene Maria. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Rev. Ambient. Água*, Taubaté, v. 11, n. 1, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9898. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

BARBOSA, José Etham de Lucena; ANDRADE, Rogério Souza; LINS, Ruceline Paiva; DINIZ, Célia Regina. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 2006.

BERG, Carlos Henrique; GUERCIO, Mary Jerusa; ULBRICHT, Vânia R. Indicadores de balneabilidade: a situação brasileira e as recomendações da World Health Organization. **Int. J. Knowl. Eng. Manag**, Florianópolis, v. 2, n. 3, p. 83-101, 2013.

BERNARDI, Ewerthon Cezar Schiavo; PANZIERA, André Gonçalves; RAMOS, João Francisco Piovezan; SWAROWSKY, Alexandre; BURIOL, Galileo Adeli. **Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Rio Ijuí**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, 2013.

BRAGA, Benedito P. F; FLECHA, Rodrigo; PENA, Dilma S; KELMAN, Jerson. Pacto federativo e gestão de águas. **Estud. Av.**, v. 22, n. 63, p. 17-42, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. **Indicadores de Qualidade: Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 25 de Mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 518 de 25 de março de 2004. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução 274 de 29 de novembro de 2000. Estabelece condições de balneabilidade das águas brasileiras. Brasília, 2000.

Brasil. Lei nº 9.984, de 17 de junho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, 2000.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

CARVALHO, Wellington Marçal; VIEIRA, Edson de Oliveira; ROCHA, Jussara Machado Jardim; PEREIRA, Alan Kênio dos Santos; CAMARGO, Tiago Vinícius Batista.



Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do córrego do malheiro, no município de Sabará – MG. **Irriga. Botucatu**, Minas Gerais, v. 14, n. 3, p. 398-412, 2009.

CARVALHO, Cornélio de Freitas; FERREIRA, Adalberto Luiz; STAPELFELDT, Frank. Qualidade das águas do ribeirão Ubá - MG. **Rem: Rev. Esc. Minas**, v. 57, n. 3, p. 165-172, 2004.

CAVENAGHI, Anderson Luis. **Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do Rio Tietê**. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências agrônômicas – Botucatu/SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP, 2003.

CETESB. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 1 de Set. 2016.

CETESB. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. **Índice de qualidade das águas**. São Paulo: CETESB. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/04.pdf>>. Acesso em: 1 de Set. 2016.

COELHO, Edumar Ramos Cabral; VAZZOLER, Heverton; LEAL, Waldileira Pereira. Emprego do carvão ativado para remoção de atrazina em água de abastecimento público. **Eng Sanit Ambient**, v. 17 n. 4, p. 421-428, 2012.

DEODORO, S.C.; FONSECA, B.M. Análise da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Bárbara (MG) Baseada em Análises Morfométricas e Multicriteriais. **In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Exposicarta, 2014, Gramado**. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Exposicarta. Rio de Janeiro: SBC, v. 1, p. 1-14, 2014.

DONADIO, Nicoli. M. M; GALBIATTI, João. A; PAULA, Rinaldo. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Eng. Agríc**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

DURIGAN, Marco A. Benedetti; VAZ, Sergio Renato; PERALTA-ZAMORA, Patricio. Degradação de poluentes emergentes por processos Fenton e foto-Fenton. **Quím. Nova**, v. 35, n.º. 7, p. 1381-1387, 2012.

ESPINOZA-QUINONES, F. R.; MÓDENES, A. N.; DE PAULI, A. R.; PALÁCIO, S. M. Analysis of Trace Elements in Groundwater Using ICP-OES and TXRF Techniques and Its Compliance with Brazilian Protection Standards. **Water Air Soil Pollut**, p. 226-232, 2015.

ESTEVEZ, F.A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 574, 1988.

FRANCENER, S. F.; ANDRADE, L. R.; MOREIRA, J. P. P. C.; NUNES, M. L. A.; GOMES, J. B.; SANTOS, L. R. et al. Avaliação do índice de balneabilidade em uma área de lazer no município de Ji-Paraná - Rondônia. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 19, 2011, Alagoas. Anais. São Paulo: ABRH, 2011. p. 1-9.

FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T; DURÁN, Nelson. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, v. 23, n. 4, 2000.

GONÇALVES, Elano Mário. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG**. Dissertação (Mestre em Ciências). Programa de Pós – Graduação em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

HASENACK, H.; WEBER, E. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – Escala 1:150.000. URGs – IB – Centro de ecologia, Porto Alegre, 2010.

HORTON, R. E. Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America, Colorado, v.56, p.275-370, 1945.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de Out. 2016.

KASPER, Daniele; FORSBERG, Bruce R; ALMEIDA, Ronaldo de; BASTOS, Wanderley R; MALM, Olaf. Metodologias de coleta, preservação e armazenamento de amostras de água para análise de mercúrio - uma revisão. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 38, n. 3, 2015.

KUSTER, M.; ALDA, M. J. L.; HERNANDO, M. D.; PETROVIC, M.; MARTÍN-ALONSO, J.; BARCELÓ, D. Analysis and occurrence of pharmaceuticals, estrogens, progestogens and polar pesticides in sewage treatment plant effluents, river water and drinking water in the Llobregat river basin (Barcelona, Spain). Journal of Hydrology, v. 358, p. 112 - 123, 2008.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LEITÃO, Valéria De Sousa; Cuba, RENATA Medice Frayne; SANTOS, Layara De Paula Sousa; NETO, Agenor Sousa Santos. Utilização do índice de qualidade de água (IQA) para monitoramento da qualidade de água em uma área de preservação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 3, p. 794-803, 2015.

LEITE, Valderi D; JÚNIOR, Gilson B; SOUSA, José T. de. Athayde; LOPES, Wilton S; PRASAD, Shiva; SILVA, Salomão A. Tratamento de águas residuárias em lagoas esiduárias em lagoas de estabilização para aplicação na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 71-75, 2005.

LOPES, Frederico Wagner de Azevedo; MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto Rio das Velhas - MG. **HYGEIA - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 6, n. 11, p. 133-149, 2010.

LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. **Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do Ribeirão de Carrancas - MG.** Dissertação ( Mestre em Engenharia Florestal na área de Manejo Ambiental). Universidade Federal de Lavras –MG, 2007

LORENZON, Alexandre Simões; FRAGA, Micael de Souza; MOREIRA, Amanda Rodrigues; ULIANA, Eduardo Morgan; SILVA, Demetrius David da; RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares; BORGES, Alisson Carraro. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 10 n°. 1, 2015.

LOZINSKI, Magda Adriana; BALBINOT, Rafaelo; VENÂNCIO, Diego; Filho, Paulo Costa de Oliveira, SCHIRMER, Waldir Nagel. Diagnóstico das áreas de preservação permanente de nascentes na área urbana do município de Irati-PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 1, p. 63-70, 2010.

MEDEIROS, Samylle Ruana Marinho de; CARVALHO, Rodrigo Guimarães de; SOUZA, Luiz di; BARBOSA, Antônio Helton da Silva. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 11, n. 3, 2016.

MILANI, José Rogério; CANALI, Naldy Emerson. O sistema hidrográfico do Rio Martinhos: uma análise morfométrica. **Revista RA'EGA**, Curitiba n.4, p. 139-152, 2000.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, 2002.

MOREIRA, Josino Costa; PERES, Frederico; SIMÕES, Ana Cristina; PIGNATI, Wanderlei Antonio; DORES, Eliane de Carvalho; VIEIRA, Sandro Nunes; STRÜSSMANN, Christine; MOTT, Tamí. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17 n. 6, p. 1557, 2012.

MOREIRA, S.; FICARIS, M.; VIVES, A. E. S.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; ZUCCHI, O. L. A. D.; BARROSO, R. C.; JESUS, E. F. O. Heavy metals in groundwater using Synchrotron Radiation Total Reflection X-Ray Analysis. **Instrumentation Science and Technology**, v. 34, p. 567–585, 2006.

NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; HELLER, Léo. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Eng. Sanit. Ambient**, v. 10, n. 1, p. 36-48, 2005.

NETO, Maria de Lourdes Fernandes; SARCINELLI, Paula de Novaes. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Eng Sanit Ambient, Brasilia**, v. 14, p. 69-78, 2009.

OLIVEIRA, Bruno Rodrigues; ANTÔNIO, Gabriela Branquinho. Caracterização da bacia do Maxixe com auxílio de Sistemas de Informação Geográficas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, nº. 3, p. 761-782, 2015.

OLIVERA, Ederson Dias de; Olivera, Emerson Dias de; CRESTANI, Alex; ALMEIDA, Newton Aparecido. Caracterização fisiográfica da bacia de drenagem do córrego Jandaia, Jandaia do Sul/PR. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.5, nº.10, p.169-183, 2011.

PAZ, Vital Pedro da Silva; TEODORO, Reges Eduardo Franco; MENDONÇA, Fernando Campos. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PEREIRA, Régis da Silva. **Processos que regem a qualidade da água da Lagoa dos Patos, segundo o modelo DELFT3D**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2003.

PEREIRA, Régis da Silva. Poluição hídrica: causas e consequências. **Revista eletrônica de Recursos Hídricos**, v. 1, n. 1. p. 20-36, 2004.

PEREIRA, Wellington S; FREIRE, Renato S. Ferro zero: uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, 2005.

PERES, Frederico; MOREIRA, Josino Costa. Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, 2007.

PIMENTA, Handson Claudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **São Paulo**, v.22, n°.3, p.462-476, 2012.

Plano Municipal de Saneamento Básico, Campina das Missões- RS, 2013. Disponível em: <[http://www.campinadasmissoes.rs.gov.br/Arquivos/670/Conte%C3%BAdos/1615/PMSB\\_Final\\_14\\_01\\_2014\\_281D.pdf](http://www.campinadasmissoes.rs.gov.br/Arquivos/670/Conte%C3%BAdos/1615/PMSB_Final_14_01_2014_281D.pdf)>. Acesso em: 20 de Out. 2016.

RAMALHO, Jair Felipe Garcia Perreira; SOBRINHO, Nelson Moura Brasil do Amaral; VELLOSO, Ary Carlos Xavier. Contaminação da Microbacia de Caetés com Metais Pesados pelo uso de Agroquímicos. **Pesq. Agropc. Bras**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1289-1303, 2000.

RAZZOLINI, Maria Tereza Pepe; GÜNTHER, Wanda Maria Risso. Impactos na Saúde das Deficiências de Acesso a Água. **Saúde Soc**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

RIBEIRO, Fernanda Leite; CAMPOS, Sérgio; SANTOS, Willian Renam Piva dos; RODRIGUES, Bruno Timóteo; GOMES, Luciano Nardini; NARDINI, Rafael Calore. **Caracterização morfométrica da microbacia Água do Paredão – Jataizinho, PR**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 2015.

Rio Grande do Sul. Secretaria Estadual do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMA. **Bacia hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 17 de Out. 2016.

RODRIGUES-SILVA, Caio; MANIERO, Milena G; GUIMARAES, José Roberto. Avaliação da atividade antimicrobiana de soluções de flumequina submetidas aos processos eletroquímico e foto-eletroquímico. **Quím. Nova**, v. 37, n. 5, p. 789-795, 2014.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. **Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas**. In: SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. A. (ORG). Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas. Fortaleza: Ed. UFC, 2011. Tomo I.

SÁ, Lena Lillian Canto de; JESUS, Iracina Maura de; SANTOS, Elisabeth C. Oliveira; VALE, Elivam Rodrigues; LOUREIRO, Edvaldo Carlos Brito; Sá, Elisa Viana de. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento – Belém do Pará, Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 14, n. 3, 2005.

SETTA, Bruno Rocha Silva; CANESIN, Fátima de Paiva; SILVA, Janaína Gomes Pires da; BOAS, Mariana Dias Villas. **Estudo comparativo da qualidade das águas na bacia experimental e representativa do Rio Piabanha – Região Serrana do Rio de Janeiro – RJ, com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA)**. XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal, 2014.

SILVA, Rita de Cássia Assis; ARAÚJO, Tânia Maria. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, Gilbeto Silvério; JARDIM, Wilson de F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. **Quím. Nova**, v. 29, n. 4, p. 689-694, 2006.

SILVA, Carla Grazieli Azevedo da; COLLINS, Carol H. Aplicações de cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes orgânicos emergentes. **Quím. Nova**, v. 34, n. 4, p. 665-676, 2011.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution* 24: 201-207, 2009.

SOUZA, Juliana Rosa; MORAES, Maria Eugênia Bruck; SONODA, Sérgio Luiz; SANTOS, Haialla Carolina Rialli Galvão. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, Brasil, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Vem te – Handbook of Applied hydrology. New York, McGraw-Hill Book, 1964.

THEBALDI, Michael S; SANDRI, Delvio; FELISBERTO, Alberto B; ROCHA, Marco S. da; Neto, Sebastião A. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.

15, n. 3, p. 302-309, 2011.

TOLEDO, Luís Gonzaga de; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, p. 245, 1975.

VANACKER, Veerle; MOLINA, Armando ; GOVERS, Gerard; POESEN, Jean; DERCON, Gerd; DECKERS, Seppe. River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems. **Geomorphology**, v.72, p.340-353, 2005.

VASILIO, Vinícius Alberto Adorno. Balneabilidade, **Índice de Qualidade da Água e Bioensaios de Toxicidade nas praias do Reservatório de Ilha Solteira/SP**. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil – Ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – SP. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, 2006.

WEINBERG, Ágatha. **Uso de índices de qualidade de água para a caracterização da bacia hidrográfica do Rio Guandu**. Projeto de graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Guidelines for safe recreational water environments - coastal and fresh waters. Geneva, p. 253, 2003.